نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۲۰۳-۱۱۸۳

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1183-1203

مطالعه بلندمدت تغییرات فشرده‌سازی و تأثیر آن بر ثبات تولید محصولات کشاورزی در ایران (دوره ۵۰ ساله ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰)

مجیدرضا کیانی[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و احمد زارع فیض‌آبادی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۲

کیانی، م.ر.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و زارع فیض‌آبادی. ۱۳۹۸. مطالعه بلند مدت تغییرات فشرده‌سازی و تأثیر آن بر ثبات تولید محصولات کشاورزی در ایران (دوره ۵۰ ساله ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۴): ۱۲۰۳-۱۱۸۳.

چکیده

به‌منظور بررسی وضعیت فشرده‌سازی و روند تغییرات آن در کشاورزی ایران ۶۳ متغیر در قالب شش گروه کاربری اراضی، تولید، کارآیی مصرف، ورودی‌ها (نهاده، ماشین‌آلات)، انرژی و جمعیت برای دوره ۵۰ ساله ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات کاربری اراضی، افزایش مصرف نهاده‌ها و افزایش جمعیت به‌عنوان عوامل مؤثر در افزایش فشرده‌سازی تعیین شدند. برای تعیین ثبات سطح زیر کشت، تولید و عملکرد، ضریب تغییرات این متغیرها در پنج دهه برای محصولات مهم زراعی و باغی به‌طور مجزا محاسبه شد و روند تغییرات این ضرایب به‌عنوان شاخصی برای ثبات تعیین شد. برای تعیین میزان حساسیت به تغییرات محیطی نسبت عملکرد هر محصول در هر سال به میانگین عملکرد محصول در بازه‌های ۱۰ ساله به‌طور مجزا برای هر گیاه و برای همه محصولات به‌عنوان ظرفیت عملکرد محاسبه شد، شیب خط رگرسیون بین ظرفیت عملکرد هر محصول با میانگین ظرفیت عملکرد همه محصولات بیانگر میزان حساسیت آن محصول به تغییرات محیطی است. نتایج نشان داد که در طی مدت ۵۰ سال سطح زیر کشت از حدود ۶/۶ به ۱۳/۳ میلیون هکتار و تولید محصولات کشاورزی از ۱۱ به ۹۴ میلیون تن افزایش یافته و در همین حال ضریب تغییرات سطح زیر کشت و تولید کاسته شد همبستگی منفی و معنی‌دار ۰/۴۷- و ۰/۸۹- به‌ترتیب بین ضرایب تغییرات سطح زیر کشت و تولید در دهه‌های مختلف نشان‌دهنده افزایش ثبات تولید بود. شاخص حساسیت به تغییرات محیطی مربوط به ذرت (*Zea mays* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌ترتیب برابر با ۱/۵۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۳ بود که نشان‌دهنده پایین‌تر بودن ثبات عملکرد در محصولات اصلی است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۶۳ متغیر، دو الگوی اصلی در تغییرات گروه‌ها را نشان داد. دسته اول با توصیف ۵۱ درصد نشان‌دهنده افزایش فشرده‌سازی در قالب تغییر کاربری اراضی زراعی، تغییرات تولید و عملکرد و افزایش مصرف نهاده‌ها در طی ۵۰ سال گذشته بود و مؤلفه دوم با توصیف ۲۰ درصد از تغییرات بیانگر تغییرات مهمی در کشاورزی ایران شامل تغییر کارآیی مصرف نهاده و رشد جمعیت بود. در طی ۵۰ سال گذشته شاخص‌های مرتبط با فشرده‌سازی نظیر سطح زیر کشت با دو برابر شدن از ۶/۶ به ۱۳ میلیون هکتار، مصرف کودهای شیمیایی با ۳۵ برابر شدن از هفت به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، و تعداد تراکتور با ۷۰۰ برابر شدن از ۸۰۰ به ۵۶۵ هزار عدد افزایش یافته است و کارآیی مصرف نهاده‌ها ۳۰۰ درصد کاهش یافته و در مجموع نشان می‌دهد که کشاورزی ایران در طی دهه‌های گذشته فشرده‌تر شده و در عین حال ثبات عملکرد کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: شاخص محیطی، ظرفیت عملکرد، مدل‌سازی

مقدمه

در آینده قابل پیش‌بینی، هنوز گیاهان مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده غذای مورد نیاز انسان خواهند بود و با توجه به افزایش سریع تقاضا برای مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه، در طی ۲۰ سال آینده

۱- استادیار پژوهش در بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دانشجوی دکتری سابق گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و استاد سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.45939

نیاز به مواد غذایی به‌شدت افزایش خواهد یافت، بنابراین گسترش اراضی زیر کشت و افزایش بازده تولید از طریق بهبود سیستم‌های مدیریت محصولات زراعی شامل: اصلاح نباتات، بهبود روش‌های خاک‌ورزی، کوددهی، کنترل آفات، بیماری و علف‌های هرز و هم‌چنین مدیریت آب و آگاهی از ارتباط بین رشد جمعیت، تولید غذا و محیط زیست برای تأمین پایدار غذای مورد نیاز ضروری می‌باشد (Borlaug, 2007). فشرده‌سازی بیش‌ترین سهم در توسعه کشاورزی در کشورهای مختلف به‌ویژه درحال توسعه را دارا می‌باشد، البته این فرآیند اثرات متعدد اجتماعی و زیست‌محیطی را به همراه دارد (Dahal et al., 2009). دولت‌ها و نهادهای بین‌المللی فشرده‌سازی را شرط لازم برای رشد اقتصادی مناسب در کشورهای در حال توسعه دانسته‌اند. تأکید اصلی در فشرده‌سازی کشاورزی بر تولید و بازده اقتصادی است که بیش‌ترین اهمیت را برای کشاورزان به‌ویژه در کشورهای کم‌تر توسعه‌یافته و در حال توسعه دارد (Dahal et al., 2009).

تاکنون تعریف واحدی برای فشرده‌سازی از سوی محققین ارائه نشده است و بسته به سیستم کشاورزی تعاریف متعدد و متنوعی برای آن وجود دارد (Boserup, 1966) در یک تعریف جامع برای فشرده‌سازی، محققان الگوی کشت محصولات زراعی و ورودی‌ها و خروجی‌ها به سیستم و بازه زمانی را مد نظر قرار داده‌اند (Turner & Doolittle, 1978). بنابراین تعریف فشرده‌سازی وابستگی زیادی به موضوع مورد بررسی و منظری که از آن به موضوع پرداخته می‌شود دارد (Dahal et al., 2009). رادل و همکاران (Rudel et al., 2009) فشرده‌سازی را تحت تأثیر دو عامل متضاد دانسته‌اند که یکی باعث افزایش و دیگری باعث کاهش سطح اراضی می‌شود، در ابتدا تولید فشرده، عملکرد و درآمد بیش‌تر را برای کشاورزان به همراه دارد و در نتیجه کشاورزان را به گسترش سطح زیر کشت تشویق می‌کند، امّا اگر این افزایش تولید با افزایش تقاضا همراه نباشد منجر به کاهش قیمت و در نتیجه کاهش انگیزه کشاورزان برای توسعه بیش‌تر می‌شود (Rudel et al., 2009).

در نپال نوعی تعریف کاربردی برای فشرده‌سازی در کشاورزی به‌کار برده شده است که شامل افزایش تعداد محصولات زراعی در واحد سطح در یک فصل زراعی، همراه با روند تغییرات مواد شیمیایی بر ای بهبود عملکرد گیاه می‌باشد (Dahal et al., 2009). در نیوزلند از ۳۵ متغیر در پنج گروه اصلی شامل: سطح کشت محصولات کشاورزی، عملکرد در واحد سطح، تراکم دام در واحد سطح، نهاده‌های ورودی به کشاورزی و جمعیت افراد وابسته به کشاورزی برای تعیین تغییرات فشرده‌سازی استفاده شد (MacLeod & Moller, 2006). در این مورد تغییرات وضعیت کاربری اراضی، افزایش تراکم دام در واحد سطح مرتع و افزایش مصرف کود شیمیایی را به‌عنوان شاخص‌های فشرده‌سازی در کشاورزی نیوزلند مشخص نمودند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این ۳۵ متغیر برای یک دوره ۴۰ ساله دو الگوی اصلی در تغییرات کاربری، تولید و نهاده‌های ورودی مزارع را مشخص ساخت. دسته اول با توصیف ۴۹ درصد از تغییرات نشان‌دهنده روند رو به افزایش فشرده‌سازی با شاخص‌هایی نظیر افزایش تولید در واحد سطح، افزایش نهاده‌های ورودی (مانند کود، سموم)، افزایش تراکم دام در مرتع و گسترش جنگل‌ها بود؛ و مؤلفه دوم با توصیف ۲۲ درصد از تغییرات، بیانگر تغییرات مهم در ساختار کشاورزی نیوزلند در سال ۱۹۸۲ با حذف سوبسیدها بود. این محققین در نهایت، نتیجه گرفتند که فشرده‌سازی در طی ۴۰ سال (۲۰۰۰-۱۹۶۱) افزایش یافته و اینکه کشاورزی نیوزلند توانایی حفظ پایدار تولید را در حال و آینده داشته باشد مورد تردید می‌باشد (MacLeod & Moller, 2006).

استفاده از فن‌آوری‌های جدید لزوماً به‌معنی ناپایدارتر شدن سیستم تولید نیست، مثلاً بررسی روند ۵۰ ساله تغییرات فشرده‌سازی در هند از ۱۹۵۰ میلادی نشان داد که پس از انقلاب سبز روند استفاده از فن‌آوری‌های مدرن در کشاورزی این کشور رو به افزایش گذاشت و در سال‌های ابتدایی و قبل از بومی شدن فن‌آوری ثبات تولید کاهش یافت ولی در دوره طولانی‌تر و پس از آن‌که فن‌آوری‌های جدید با شرایط مناطق مختلف سازگاری پیدا کردند ثبات تولید در محصولات کشاورزی در هند افزایش یافت (Chand & Raju, 2009).

محققان از جنبه‌های مختلفی تبعات فشرده‌سازی در کشاورزی را مورد بررسی قرار داده‌اند از آن جمله می‌توان به رابطه بین فشرده‌سازی و حاصلخیزی خاک (Hüttl & Frielinghaus, 1994)، کمبود غذا و امنیت غذایی (Tscharntke et al., 2012)، افزایش جمعیت (Krautkraemer, 1994; Pender, 1998)، پایداری کشاورزی (Tilman et al., 2002) اشاره نمود. اثرات زیست‌محیطی فشرده‌سازی (Stoate et al., 2001) و تأثیر آن بر تنوع گونه‌های زراعی (José-María et al., 2010)، کاهش تنوع زیستی (Culman

(et al., 2010)، تخریب جنگل (Bélanger & Grenier, 2002)، آلودگی آب و خاک (Hüttl & Frielinghaus, 1994; Pender, 1998) و پیامدهای اجتماعی آن (Bhandari, 2004) مورد تحقیق قرار گرفته است. البته در تحقیقات انجام شده به برخی از جنبه‌های مثبت فشرده‌سازی شامل افزایش تولید، تأمین غذا و بهبود وضعیت اقتصادی نیز اشاره شده است (Van Der Velde et al., 2007) روند تغییرات و ثبات[1] عملکرد و هم‌چنین تنوع و میزان حساسیت به تغییرات محیطی محصولات زراعی در جمهوری چک توسط چالپک و همکاران (Chloupek et al., 2004) مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها برای بررسی ثبات عملکرد از ضریب تغییرات (CV) استفاده کرده و با تعریف ظرفیت عملکرد و شاخص حساسیت به تغییرات محیطی، روند تغییرات عملکرد را در این کشور و نه کشور اروپایی مقایسه کردند. نتایج این بررسی نشان داد که طی ۵۷ سال (۱۹۴۱ تا ۱۹۹۸) ظرفیت عملکرد ۱۵ گیاه زراعی مهم در اروپا افزایش یافته و گندم (*Triticum aestivum* L.) حساس‌ترین گیاه به تغییرات محیطی در این کشورها بوده است (Chloupek et al., 2004).

در بررسی تغییرات ۱۰۰ ساله کشاورزی در شمال انگلیس و با بررسی تغییرات سطح زیر کشت، سطح مراتع، تعداد دام، تعداد نیروی کارگری، تعداد بهره‌بردار و اندازه اراضی کشاورزی، افزایش فشرده‌سازی به‌عنوان فرآیند غالب در این منطقه گزارش شد (Dallimer et al., 2009). در مطالعه وضعیت فشرده‌سازی در کشاورزی در نیجریه تراکم جمعیت، دسترسی به بازار و اثرات متقابل آن‌ها به‌عنوان مهم‌ترین عوامل پیش‌برنده فشرده‌سازی در غرب آفریقا تعیین شد (Okike, 2001).

ایران جزء نخستین کشورهایی بوده است که کشاورزی در آن آغاز شده است و این امر به زمان ورود آریایی‌های به ایران باز می‌گردد. در طول تاریخ ایرانیان با ابداع روش‌های مختلف مانند استفاده از نیروی دام، فضولات دامی، ابداع روش‌های مختلف شخم بسته به اقلیم منطقه و روش‌های استحصال آب سازگار با محیط (مانند قنات) توانسته‌اند نوعی از فشرده‌سازی پایدار را به‌کار بگیرند (Farhadi, 2001) و اکوسیستم‌های کشاورزی خود را بر اساس حفظ تولید در درازمدت اداره کنند (Koocheki, 1996).

کشاورزی مدرن و فشرده با شروع مکانیزاسیون کشاورزی و

1- Stability

واردات و توزیع کودهای شیمیایی از سال ۱۳۰۰ آغاز شد (ASS[2], 2014). از اوایل دهه ۴۰ شمسی سرعت فشرده‌سازی در کشاورزی با اجرای قانون اصلاحات اراضی و پرداخت یارانه دولت برای خرید تراکتور به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافت (Okazaki, 1985). این روند در سال ۱۳۵۸ با آزاد شدن واردات کود شیمیایی سرعت بیش‌تری به خود گرفت (CBI[3], 1980) و تخصیص یارانه به کود شیمیایی روند مصرف کودهای شیمیایی را ظرف ۱۰ سال به سه برابر افزایش داد (MJA[4], 2006).

در طی چند دهه گذشته آن‌چه رخ داده افزایش استفاده از نهاده‌های ورودی مختلف به مزارع برای افزایش تولید و گسترش سطح زیر کشت و در نتیجه افزایش غیرپایدار فشرده‌سازی بوده است،که این امر علاوه‌بر ناپایدار ساختن سیستم تولید محصولات کشاورزی به تخریب سایر منابع طبیعی از جمله مراتع و جنگل‌ها منجر شده است (Velayati & Kadivar, 2006).

عوامل متعددی بر فشرده‌سازی کشاورزی در ایران تأثیرگذار بوده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها شامل تغییرات جمعیتی، تغییرات اراضی کشاورزی، نهاده‌های ورودی، توسعه مکانیزاسیون و تغییر سیاست‌گذاری‌ها می‌باشد (Amjadi & Chizari, 2006; Naseri, 1999; PDSPC[5], 2008; Unknown, 1987) این عوامل به‌صورت منفرد یا ترکیبی، در دوره‌های کوتاه یا بلندمدت بر فشرده‌سازی کشاورزی تأثیرگذار هستند که اثرات درازمدت این تغییرات را به‌عنوان اثرات محیطی در نظر می‌گیرند. هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات فشرده‌سازی و تأثیر آن بر ثبات تولید در کشاورزی ایران در طی دوره ۵۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۴۱) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روند تغییرات و هم‌چنین فشرده‌سازی در تولید محصولات کشاورزی، داده‌های آماری ۶۳ متغیر کشاورزی در پنج گروه کاربری اراضی (سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی)، تولید (محصولات زراعی و باغی)، عملکرد (محصولات زراعی و باغی)، ورودی‌های (مصرف کود، سم، تعداد تراکتور و انرژی‌های ورودی شامل انرژی نفتی، الکتریسیته، نیروی کار، انرژی شیمیایی،

2- Agricultural Support Services
3- Central Bank of Iran
4- Ministry of Jihad of Agriculture
5- President Deputy Strategic Planning and Control

ماشین‌آلات، بذور و انرژی فیزیکی (شامل مجموع انرژی مربوط به نیروی انسانی، انرژی الکتریسیته، فرآورده‌های نفتی و تراکتور) و کارآیی (نسبت تولید محصولات به نهاده‌های ورودی‌ها) (به همراه تغییرات جمعیت روستایی و شهری برای دوره ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ از سالنامه آماری، پایگاه داده‌های وزارت کشاورزی، اطلاعات مرکز آمار ایران و بانک اطلاعاتی فائو گردآوری شدند (جدول ۳). برای اطلاعات مربوط به انرژی از نتایج تحقیق مهرابی و اسماعیلی (Mehrabi & Esmaeili, 2011) استفاده شده و با استفاده از فرمول‌های تبدیل، میزان انرژی بر حسب کیلوکالری برای نیروی انسانی و اسب بخار برای ماشین‌آلات کشاورزی محاسبه گردید. هم‌چنین برای بررسی ثبات تولید از ضریب تغییرات (CV) استفاده شد (Chloupek et al., 2004; Gollin, 2006). ابتدا با استفاده از معادله ۱ میانگین متغیر (سطح، تولید، عملکرد) در دوره مورد نظر محاسبه شد، در این فرمول، $\overline{Y}_t$: میانگین متغیر مورد نظر در دوره ۱۰ ساله منتهی به زمان t، K: شاخص زمان و ۱۰: تعداد سال‌های مورد بررسی در هر دوره می‌باشد.

$$\overline{Y}_t = \frac{1}{10}\sum_{k=t-9}^{t} Y_k \qquad \text{(۱) معادله}$$

سپس واریانس متغیر (S_t^2) با معادله ۲ محاسبه شد.

$$S_t^2 = \sum_{K=t-9}^{t} \frac{1}{10}(y_k - \bar{y}_t)^2 \qquad \text{(۲) معادله}$$

انحراف معیار عملکرد با محاسبه ریشه دوم S_t^2 به‌دست آمد. در مرحله بعد ضریب تغییرات متغیرهای (سطح، تولید و عملکرد) برای هر دوره با معادله ۳ محاسبه شد.

$$CV_t = \frac{S_t}{\bar{Y}_t} \qquad \text{(۳) معادله}$$

این محاسبات برای پنج دوره ۱۰ ساله از ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ برای محصولات زراعی و باغی به‌طور مجزا محاسبه شد، در مرحله بعد همبستگی بین ضرایب تغییر هر محصول با دوره‌های زمانی تعیین شد.

برای تعیین میزان حساسیت به تغییرات محیطی محصولات از روش چالپک (Chloupek et al., 2004) استفاده شد بر اساس تعریف چالپک گیاهان حساس،گیاهانی هستند که به شرایط محیطی عکس‌العمل سریع نشان می‌دهند (که این ویژگی در ارقامی که برای شرایط خاص اصلاح شده‌اند صادق است) و بنابراین، در شرایط محیطی مناسب عملکرد بالا داشته و در شرایط نامناسب عملکردشان به‌سرعت کاهش می‌یابد بنابراین، هرچه گیاهی حساسیت بالاتری به تغییرات محیطی داشته باشد نوسان عملکرد آن بیش‌تر می‌باشد، در این روش برای ارزیابی میزان حساسیت ابتدا شاخصی به‌نام ظرفیت عملکرد محاسبه می‌شود، ظرفیت عملکرد عبارت است از نسبت عملکرد یک گیاه در سال مشخص به میانگین عملکرد این گیاه در یک دوره معین (مثلاً ۱۰ سال). ظرفیت عملکرد یک محصول به‌صورت شاخص i نشان داده می‌شود که فرمول این شاخص $i=X_i/X$ می‌باشد، در این فرمول، X_i: عملکرد محصول در سال مشخص و X: میانگین عملکرد محصول در کل دوره مورد نظر می‌باشد؛ و ظرفیت زراعی هر سال خاص با میانگین‌گیری از ظرفیت عملکرد همه محصولات محاسبه می‌شود. بنابراین، هرچه عملکرد محصول در سال مشخص به میانگین عملکرد محصول در دوره مشخص نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده حساسیت کم‌تر محصول به تغییرات محیطی بوده و عملکرد ثبات بیش‌تری دارد. سپس بر روی این داده‌ها مدل رگرسیون خطی برازش داده شده که در این مدل ظرفیت عملکرد همه محصولات زراعی مورد بررسی در سال‌های مختلف به‌عنوان متغیر مستقل و ظرفیت عملکرد هر محصول در سال‌های مختلف به‌عنوان عامل وابسته در نظر گرفته شود و قدر مطلق ضریب رگرسیون (شیب خط) هر معادله تعیین‌کننده میزان ثبات عملکرد محصول مورد نظر بوده و منفی یا مثبت بودن ضریب تنها نشان‌دهنده روند نزولی یا صعودی عملکرد است. به این صورت که: ۱) شیب کوچک‌تر از یک بیانگر ثبات بالاتر، حساسیت کم‌تر به تغییرات محیط ۲) شیب برابر یک بیانگر ثبات متوسط و حساسیت متوسط به تغییرات محیط و ۳) شیب بزرگ‌تر از یک بیانگر ثبات حداقل و حداکثر حساسیت به تغییرات محیط است. گیاهان با میزان حساسیت بالاتر مناسب مکان‌هایی با نوسانات محیطی کم‌تر و پتانسیل بالای تولید و حاصلخیزی هستند. در این پژوهش ۱۳ محصول زراعی مهم (گندم، برنج (*Oryza sativa* L.)، جو، ذرت، ارزن (*Panicum miliaceum* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.)، عدس (*Lens culinaris* Medik.)، سایر حبوبات، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculemtum* Mill) و خربزه (*Cucumis melo* L.) و ۱۳ محصول باغی شامل سیب (*Malus domestica* Borkh.)، زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)، توت (*Morus alba* L.)، گیلاس (*Prunus cerasus* L.)، میوه‌های

بدون هسته و مرکبات) به‌طور مجزا در یک بازه ۵۰ ساله مورد بررسی قرار گرفتند، میزان ثبات تولید و حساسیت به تغییرات محیطی آن‌ها محاسبه شد.

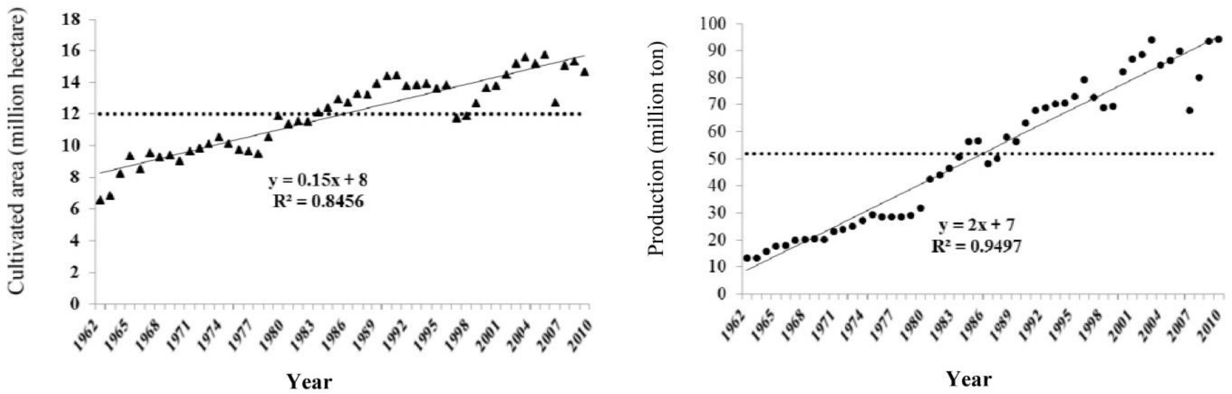
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک روش کاهش تعداد ابعاد تغییر به‌ویژه در زمانی است که تعداد متغیرها زیاد باشد، این روش با پیدا کردن رابطه خطی بین متغیرهای مختلف در جهتی که بیش‌ترین واریانس وجود دارد و یا به زبان دیگر شناسایی بهترین حالتی که متغیرها در کنار هم قرار می‌گیرند باعث کاهش متغیرهای زیاد به چند مؤلفه اصلی می‌شود و بر همین اساس و با توجه به وجود ۶۳ متغیر کشاورزی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی این متغیرها برای دوره ۵۰ ساله انجام شد. کلیه محاسبات آماری، برازش معادله‌ها رگرسیون، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارها در محیط Excel 2013 و به‌کمک نرم‌افزار آماری XLSTAT 2014 انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات سطح زیر کشت و تولید

در دوره ۵۰ ساله سطح زیر کشت محصولات کشاورزی از ۶/۶ به ۱۳/۳ میلیون هکتار و مجموع تولید از ۱۱ به ۹۴ میلیون تن افزایش یافته است که این موضوع نشان‌دهنده افزایش دو برابری سطح زیر کشت و ۸/۵ برابری تولید می‌باشد. به عبارت دیگر در طی دوره ۵۰ ساله سطح زیر کشت و تولید به‌ترتیب دو و ۱۷ درصد در سال افزایش یافته است (شکل ۱). در دوره مشابه سطح زیر کشت محصولات کشاورزی دنیا با رشد ۱/۲۶ برابری از ۹۵۹ به ۱۲۱۳ میلیون هکتار رسیده است (Beddow et al., 2010) در دوره زمانی ۴۰ ساله ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ میزان رشد سطح زیر کشت برای جهان و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب ۱۵ و ۲۳ درصد بوده است. متوسط رشد تولید در کشورهای غرب آسیا و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب ۲/۸۵ و ۳/۲۳ درصد در سال برای دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۷ بود (Fuglie, 2010). تفکیک روند تغییرات به دهه‌های مختلف نشان داد که در دهه ۱۳۴۰ سطح زیر کشت افزایش یافته و از ۶/۶ میلیون هکتار به ۹/۱ رسیده است که حاکی از ۱/۳۷ برابر شدن سطح زیر کشت در این دهه است، در این مدت میزان تولید محصولات کشاورزی با ۱/۷۶ برابر شده و از ۱۳ به ۲۳ میلیون تن افزایش یافت. از عوامل تأثیرگذار در این افزایش سطح زیر کشت و تولید را می‌توان مربوط به اصلاحات اراضی دانست که با تغییر مالکیت در مناطقی که به‌صورت ارباب رعیتی اداره می‌شدند سبب افزایش سطح زیر کشت و تولید شد (Hoghoghi, 2013).

در دهه ۱۳۵۰ شمسی رشد سطح زیر کشت کندتر شد، به‌طوری‌که سطح زیر کشت در این دهه بین ۱۰ تا ۱۱ میلیون هکتار در نوسان بود، از عوامل اتفاقات تأثیرگذار در عدم افزایش سطح در سال‌های بعد از اصلاحات اراضی عدم تحقق برنامه‌های آن، شامل فراگیر نشدن تعاونی‌ها و شرکت‌های سهامی زراعی کشاورزان خرده‌پا و در نتیجه فروش اراضی توسط برخی از کشاورزان به‌دلیل عدم تمکن مالی در به‌کارگیری امکانات نوین و مهاجرت به شهرها بود (Hoghoghi, 2013).



شکل ۱- روند تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصولات کشاورزی در دوره ۱۳٤۱ تا ۱۳۹۰

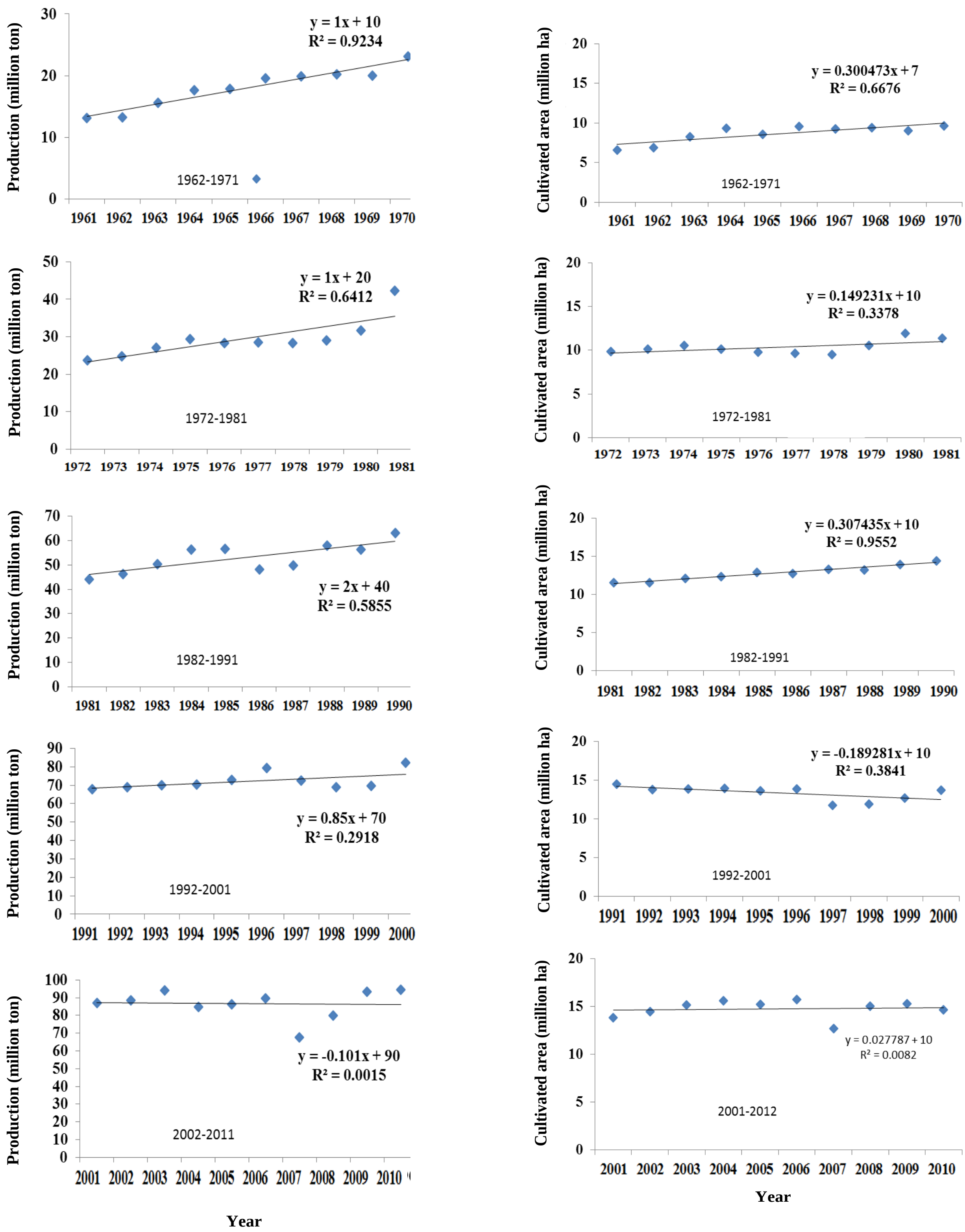
Fig. 1- Trend in the total area and production of agricultural products from 1962 to 2011

با وقوع انقلاب اسلامی حدود ۹۰۰ هزار هکتار از اراضی بزرگ مصادره شد که با تقسیم آن‌ها به اراضی کوچک‌تر و واگذاری آن به مردم، در عمل قسمتی از آن‌ها از چرخه کشت خارج شد و کاربری قسمتی از اراضی زراعی تغییر کرده و در نتیجه از وسعت اراضی زیر کشت کاسته شد (Hoghoghi, 2013). در مورد آمار تولید روند افزایش تولید ادامه و میزان تولید با ۱/۲۵ برابر شدن، ازحدود ۲۴ به ۳۰ میلیون تن در سال ۱۳۵۸ افزایش یافت، که این افزایش علی‌رغم کاهش سطح زیر کشت می‌تواند بر اثر گسترش استفاده از بذور اصلاح شده و هم‌چنین افزایش استفاده از نهاده‌ها و ماشین‌آلات کشاورزی خصوصاً پس از سال ۱۳۵۷ باشد (Akhondi, 2013; ASS, 2014; CBI, 1980). در دهه ۱۳۶۰و ۱۳۷۰ شمسی گسترش فعالیت شرکت خدمات حمایتی در توزیع نهاده‌ها (ASS, 2014) و سیاست‌های حمایتی دولت و تبدیل اراضی حاصلخیز به اراضی زراعی از جمله تبدیل اراضی حاشیه رودخانه‌ها (مثال: تبدیل ۸۰۰۰۰ هکتار از اراضی حاشیه کارون به مزارع نیشکر)، ایجاد سدهای چندمنظوره برای تأمین آب آبیاری (مثال: احداث سد کرخه برای تأمین آب مورد نیاز ۳۵۰۰۰۰ هکتار اراضی شمال خوزستان)، افزایش قیمت‌های تضمینی خرید محصولات کشاورزی و افزایش تسهیلات بانکی برای کشاورزان (Ehsani, 2006) به همراه معرفی ارقام اصلاح‌شده باعث افزایش سطح زیر کشت و تولید محصولات کشاورزی در دهه ۱۳۷۰ شمسی شد. در نیمه اول دهه ۱۳۸۰ روند افزایش تولید به‌خاطر معرفی ارقام اصلاحی جدید ادامه یافت، ولی در نیمه دوم این دهه کاهش نسبی در سطح زیر کشت و تولید ایجاد شد که تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های متعدد می‌تواند یکی از دلایل آن باشد (Effat et al., 2014) در طی دهه ۱۳۸۰ شمسی سطح زیر کشت تقریباً ثابت شده و روند افزایش تولید نیز کاهش یافته است (شکل ۲).

روند تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصولات اصلی کشاورزی در پنج دهه گذشته متفاوت بوده است، به‌طوری‌که در مورد گندم ۷۹ درصد به سطح زیر کشت و ۳۴۷ درصد به تولید اضافه شده است (شکل ۳)، ولی در تولید محصول جو نوسانات زیادی به‌وجود آمده و روند تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصولات اصلی کشاورزی در پنج دهه گذشته متفاوت بوده است، به‌طوری‌که در دهه ۱۳۷۰ شمسی سطح زیر کشت به حدود ۲/۵ میلیون هکتار رسیده و سپس تا ۱/۵ میلیون هکتار در اواخر دهه ۱۳۹۰ کاهش یافته است، با این وجود در طی پنج دهه گذشته سطح زیر کشت جو ۴۴ درصد و میزان تولید آن ۲۷۳ درصد رشد داشته است (شکل ۳)، در برنج در طی این مدت سطح زیر کشت و تولید به‌ترتیب ۱۰ و ۳۵ درصد افزایش داشته‌اند (شکل ۳) و در سیب‌زمینی سطح زیر کشت ۳۸۷ درصد و تولید ۱۳۷۰ درصد رشد داشته است (شکل ۳). امّا در مورد ذرت روند افزایش یکنواخت نبوده، به‌طوری‌که تا اوایل دهه ۱۳۸۰ شمسی سطح زیر کشت و تولید ذرت تغییر چندانی نداشته ولی از ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ سطح زیر کشت ذرت با رشد ۴۷۵ درصد به حدود ۴۰۰ هزار هکتار و تولید با رشد ۱۰۴۰ درصد به حدود ۲/۵ میلیون تن رسیده است (شکل ۳).

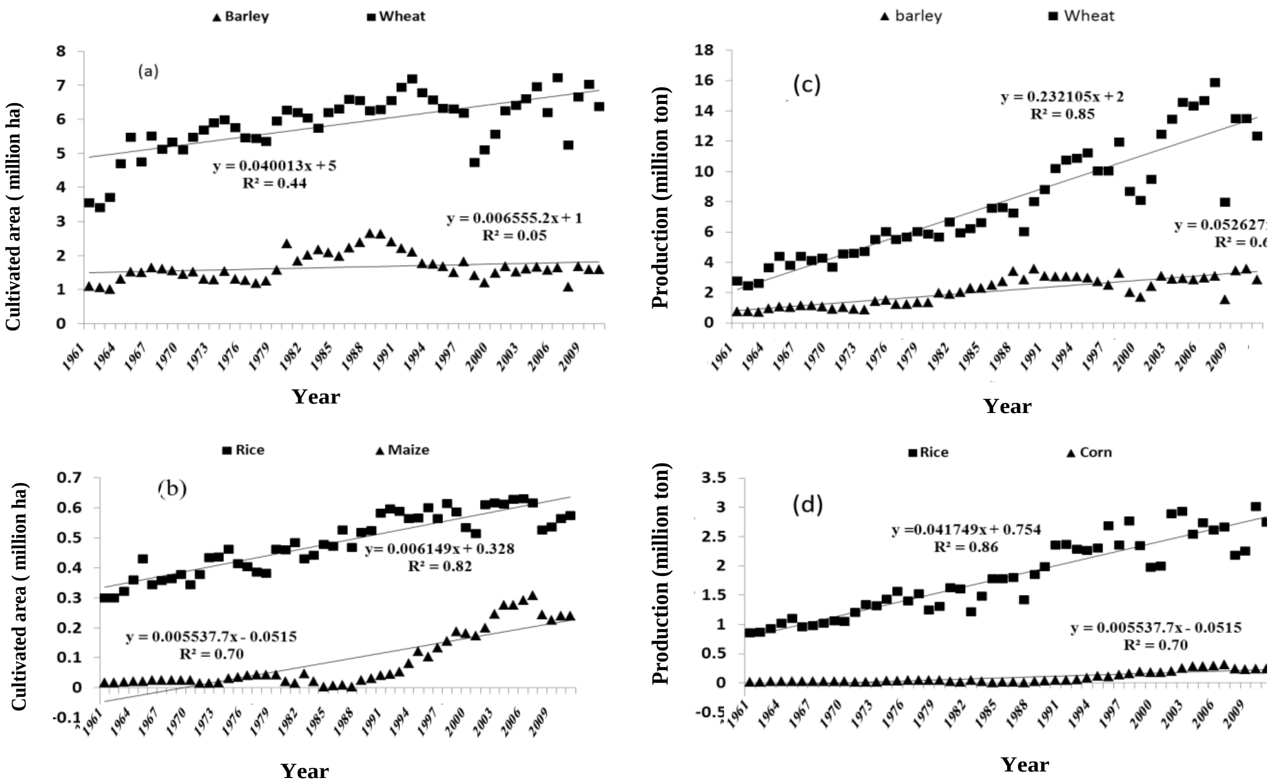
ضریب تغییرات سطح زیر کشت برای برخی از گیاهان مانند گندم، برنج، جو، ارزن و گوجه‌فرنگی در طی دهه‌های مورد بررسی (از ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۰) کاهش یافته است، به‌طوری‌که ضرایب تغییر در گندم از ۰/۱۶۶ به ۰/۰۸۱، در برنج از ۰/۱۰۴ به ۰/۰۶۱، جو ۰/۱۶۶ به ۰/۱۰۹، ارزن ۰/۱۴۶ به ۰/۰۸۱ و گوجه‌فرنگی ۰/۱۴۱ به ۰/۰۸۹ به‌ترتیب از دهه ۱۳۴۰ تا دهه ۱۳۸۰ کاهش پیدا کرده است و در مورد برخی از گیاهان مانند ذرت و انواع حبوبات (نخود، لوبیا، عدس) این ضریب افزایش یافته است، به‌طور مثال ضریب تغییرات در ذرت از ۰/۱۷۳ به ۰/۳۴۸، نخود از ۰/۰۲۷ به ۰/۱۲۷، لوبیا از ۰/۰۲۰ به ۰/۰۸ و عدس از ۰/۰۶ به ۰/۱۸۷ به‌ترتیب از دهه ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۰ افزایش یافته است؛ که نشان‌دهنده آن است که در طول این مدت گیاهانی که ضریب تغییرات آن‌ها رو به کم شدن بوده است در حال تبدیل شدن به کشت ثابت بوده‌اند، درحالی‌که سایر گیاهان یا هنوز در حال توسعه کشت بوده و یا مانند حبوبات بسیار تحت تأثیر شرایط اقلیمی و اقتصادی قرار داشته، لذا تغییرات میزان سطح زیر کشت آن‌ها در حال افزایش می‌باشد. امّا ضریب تغییرات (CV) در تولید در همه گیاهان مورد بررسی متغیر بود و در برخی از دهه‌ها افزایش و در برخی از دهه‌ها کاهش یافته است که شاید بتوان این نوسان تولید را به متغیر بودن عوامل مؤثر بر تولید شامل عوامل اقلیمی، اقتصادی و سیاستگذاری‌ها مربوط دانست.

هم‌چنین همبستگی بین دهه‌های مختلف و ضریب تغییرات (CV) مجموع سطح زیر کشت *۰/۴۷- و برای مجموع تولید *۰/۸۹- و در سطح پنج درصد معنی‌دار بود که نشان می‌دهد روند تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصولات زراعی در حال کم شدن می‌باشد.



شکل۲- روند تغییرات سطح زیر کشت (سمت راست) و تولید محصولات کشاورزی (سمت چپ) در طی دهه‌های مختلف از ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰

Fig. 2- Agricultural planting area (right) and production (left) changes during 1962 to 2011



شکل ۳- روند تغییرات سطح زیر کشت (سمت چپ) و تولید محصولات اصلی کشاورزی (سمت راست) در دوره ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰

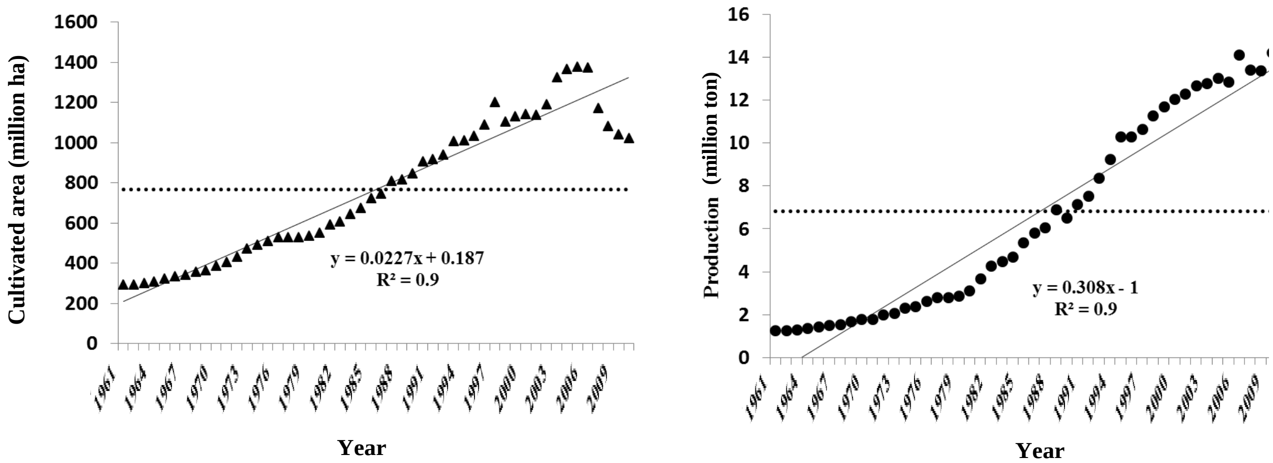
Fig. 3- Main crops area (left) and production changes (right) during 1962- 2011

همبستگی بین مقادیر ضریب تغییرات (CV) در طی دهه‌های ۴۰ تا ۸۰ شمسی برای گندم (۰/۳۵۹-)، برنج (۰/۶۶۷-)، جو (۰/۶۳۵-)، ارزن (۰/۱۳۲-)، سیب‌زمینی (۰/۳۶۶-)، چغندرقند (۰/۰۶۲-)، و گوجه‌فرنگی (۰/۵۸۳-) بود، بر همین اساس ضریب همبستگی برای ضریب تغییرات (CV) تولید برای گندم (۰/۳۱۱-)، جو (۰/۲۰۹-)، ذرت (۰/۰۸۶-)، ارزن (۰/۶۶۶-)، سیب‌زمینی (۰/۴۶۷-)، چغندرقند (۰/۲۵۱-) و گوجه‌فرنگی منفی (۰/۴۹۱-) بود، اگرچه این همبستگی‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار نبودند، ولی می‌توان چنین استنباط کرد که همبستگی منفی بین ضریب تغییرات در طول زمان مورد بررسی نشان‌دهنده روند نزولی تغییرات و افزایش ثبات است، در جمهوری چک نیز کاهش تغییرات سطح زیر کشت و تولید در طی دوره ۷۵ ساله مشاهد شد (Chloupek et al., 2004).

بررسی روند تغییرات محصولات دائمی نشان داد که در طی ۵۰ سال گذشته شیب یکنواختی در افزایش سطح زیر کشت و شیب‌های متغیری برای تولید وجود داشته است، به‌طوری‌که در طی این مدت سطح زیر کشت باغات میوه از ۳۰۰ هزار هکتار با رشدی ۳۰۰ درصدی به یک میلیون هکتار (شکل ۴) و میزان تولید از ۱/۲ میلیون تن با رشد ۹۰۰ درصدی به ۱۲ میلیون تن (شکل ۴) افزایش یافته است. ضریب تغییرات (CV) برای پنج دهه برای برخی از محصولات دائمی شامل سیب، انجیر و انواع مرکبات، انواع آلو، هلو و نخل نزولی و برای درختان باروری مانند سیب، انجیر و مرکبات صعودی بود. کاهش میزان ضریب تغییرات نشان‌دهنده جهت‌گیری به‌سمت ثبات بیش‌تر در سطح زیر کشت می‌باشد (Chloupek et al., 2004).

روند تغییرات عملکرد

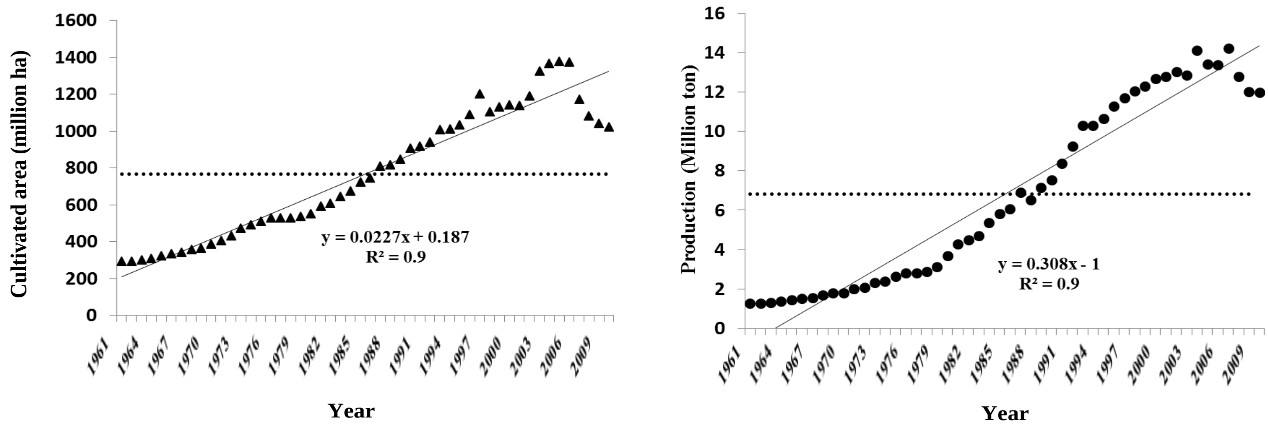
به‌دلیل آن‌که عملکرد تحت تأثیر بسیاری از عوامل مؤثر بر فشرده‌سازی می‌باشد، شاخص مناسبی برای نشان دادن تغییرات فشرده‌سازی است و افزایش آن در حقیقت نشان‌دهنده افزایش فشرده‌سازی است (MacLeod & Moller, 2006). برای گندم عملکرد متوسط (آبی و دیم) برای ۵۰ سال ۱۳۰۵ کیلوگرم در هکتار بوده و در طی این مدت با رشد سالانه ۲۳ کیلوگرم در هکتار در سال و در مجموع ۱۴۹ درصد به متوسط ۱۹۳۵ کیلوگرم در هکتار رسیده است، هم‌چنین در مورد جو با رشد متوسط سالانه ۲۲ کیلوگرم در هکتار و در مجموع ۱۵۸ درصد به ۱۷۹۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط آبی و دیم) رسیده است (شکل ۵).



شکل ٤- روند تغییرات سطح زیر کشت (چپ) و تولید (راست) محصولات باغی کشاورزی طی دوره ۵۰ ساله ۱۳٤۱ تا ۱۳۹۰

Fig. 4- Fruit tree area (left) and production (right) changes during 50 years from 1962 to 2011

متوسط عملکرد گندم جهان و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب از ۱۰۸۸ و ۷۷۹ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۹۶۱ به ۲۷۱۸ و ۲۶۹۸ کیلوگرم در هکتار در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است (Gollin, 2006). در همین دوران عملکرد دو محصول ذرت و برنج نیز با افزایش۹۰۰ درصدی و ۷۰ درصدی به‌ترتیب به ۸۹۰۰ کیلوگرم و ۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (شکل ۵) متوسط عملکرد ذرت در دوره زمانی ۴۰ ساله برای جهان و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب از ۱۹۴۳ و ۱۱۲۷ به ۴۲۸۸ و ۲۸۵۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. مهم‌ترین دلیل افزایش عملکرد فشرده‌تر شدن تولیدات به‌خاطر استفاده از ارقام بهتر، افزایش استفاده از نهاده‌ها و افزایش کاربرد ماشین‌آلات کشاورزی و در مجموع بهبود سیستم‌های کشاورزی در اثر افزایش میزان ورودی‌ها در واحد سطح می‌باشد که به این مورد در تحقیقات دیگر نیز اشاره شده است (MacLeod & Moller, 2006).



شکل ۵- روند تغییرات عملکرد گندم و جو (راست)، برنج و ذرت (چپ) در دوره ۱۳٤۱ تا ۱۳۹۰

Fig. 5- Yield changes of wheat and barley (right), Maize and Rice (left) during 1962 - 2011

شاخص حساسیت به تغییرات محیطی محصولات کشاورزی

بر اساس روش چالپک و همکاران (Chloupek et al., 2003) شاخص حساسیت به تغییرات محیطی برای ۱۳ محصول زراعی و برای ۱۳ محصول باغبانی محاسبه و در جداول (۱ و ۲) آورده شده است. نتایج نشان داد که حساس‌ترین محصولات به تغییرات محیطی

در ۵۰ سال اخیر، ذرت، گندم و جو به‌ترتیب با مقدار شاخص حساسیت ۱/۵۹۴۴، ۰/۹۹۴۹ و ۰/۹۶۳۲ بوده‌اند و در ادامه سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، خربزه، لوبیا و برنج با مقدار شاخص ۰/۸۹۲۹، ۰/۷۹۷۱، ۰/۷۵۴۲، ۰/۵۶۰۱ و ۰/۴۳۶۶ قرار گرفتند. از طرفی همبستگی بین شاخص حساسیت با نسبت رشد عملکرد به میانگین عملکرد محصولات مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. این مورد نشان‌دهنده آن است که محصولات زراعی با متوسط رشد عملکرد سالانه حساسیت بیش‌تری به تغییرات محیطی داشته‌اند. این امر مؤید آن است که در طول زمان عملکرد این محصولات تغییرات بیش‌تری داشته است که یک دلیل آن می‌تواند معرفی ارقام جدید یا تغییر شرایط محیطی مانند تغییرات اقلیمی یا کاربرد نهاده‌های مختلف (مانند کود) باشد. در جمهوری چک بالاترین میزان حساسیت به تغییرات محیطی را چاودار، گندم و جو از خود نشان دادند (Chloupek et al., 2004).

جدول ۱- شاخص حساسیت به تغییرات محیطی ۱۳ محصول زراعی در دوره ۵۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳٤۱)
Table 1- Sensivity index to environmentaly changes for 13 crops during 50 years (from 1962 to 2011)

محصول زراعی Crop	میانگین عملکرد کل دوره Overall mean yield ($kg.ha^{-1}$)	میانگین رشد سالانه عملکرد Mean of yearly yield ($kg.ha^{-1}$) growth	نسبت رشد عملکرد به میانگین کل Proportion of yield growth to overall mean yield	شاخص حساسیت Sensivity index
گندم Wheat	1350	23.18	1.776	0.9949
برنج Rice	3636	39.95	1.071	0.4366
جو Barley	1244	22.04	1.771	0.9362
ذرت Maize	3834	78.18	2.039	1.5944
ارزن Millet	1235	-2.83	-1.229	|-0.3344|
سیب‌زمینی Potato	17054	400	2.349	0.8929
چغندرقند Sugar beet	26663	415	1.557	0.4392
لوبیا Bean	1420	18.62	1.311	0.5601
نخود Chikpea	503	-0.092	-0.018	|-0.2381|
عدس Lentil	604	-1.65	-0.273	|-0.3861|
سایر حبوبات Other pulses	1094	52	0.047	0.7970
گوجه‌فرنگی Tomato	19480	575	2.951	0.7971
خربزه Melon	11987	228	1.902	0.7542

در گیاهان باغی نارنگی، هلو، سیب و پرتقال به‌ترتیب با مقادیر ۱/۵۶، ۱/۵۰، ۱/۳۹ و ۱/۳۳ بالاترین شاخص حساسیت به تغییرات محیطی را داشتند و در ادامه گلابی، توت، لیمو و انگور با مقدار شاخص حساسیت ۱، ۱/۰۹، ۰/۸۲ و ۰/۷۵ و در انتهای فهرست خرما، گیلاس، انجیر و میوه‌های بدون هسته به‌ترتیب با مقدار شاخص حساسیت ۰/۴۷، ۰/۴۰، ۰/۳۵ و ۰/۰۵ قرار داشتند.

به‌طور خلاصه هرچه مقدار شاخص حساسیت بالاتر باشد گیاهان در برابر تغییرات شرایط محیطی پاسخ سریع‌تری داده و لذا عملکرد آن‌ها در سال‌های خوب به‌سرعت افزایش یافته و در سال نامطلوب کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، عدد بالاتر نشان‌دهنده حساس‌تر شدن آن محصول به شرایط تولید و در نتیجه عدم ثبات تولید در شرایط نامناسب می‌باشد.

جدول ۲- شاخص حساسیت به تغییرات محیطی ۱۳ محصول باغی برای دوره ۵۰ ساله ۱۳۹۰ -۱۳٤۱

Table 2- Sensivity index to environmental changes fot 13 fruit tree during 1962 to 2011

محصول باغی Fruit tree	میانگین عملکرد کل دوره Overall mean yield (kg.ha^{-1})	میانگین رشد سالانه عملکرد Mean of yearly yield growth (kg.ha^{-1})	نسبت رشد عملکرد به میانگین کل Proportion of yield growth to overall mean yield	شاخص حساسیت Sensivity index
سیب Apple	9106	175.98	1.93	1.295
زردآلو Apricot	5969	-6.137	-0.10	|-0.7542|
توت Mulberry	4794	135.62	2.82	1.0997
گیلاس Cherry	7276	3.73	0.05	0.4045
خرما Date	4327	58	1.34	0.4754
انجیر Figs	2107	20.49	0.97	0.3538
میوه‌های بدون هسته Fruit without pyrene	5012	5.63	0.11	0.0516
انگور Grape	6964	112.66	1.61	0.7579
لیمو Lemon	12879	118.85	1.41	0.8261
پرتقال Orange	10931	369.64	3.38	1.3334
هلو Peach	8882	474.23	5.33	1.5092
گلابی Pear	7449	91.6	1.22	1.0091
نارنگی Tangerin	11260	449.46	3.99	1.5654

نهاده‌های ورودی به مزرعه

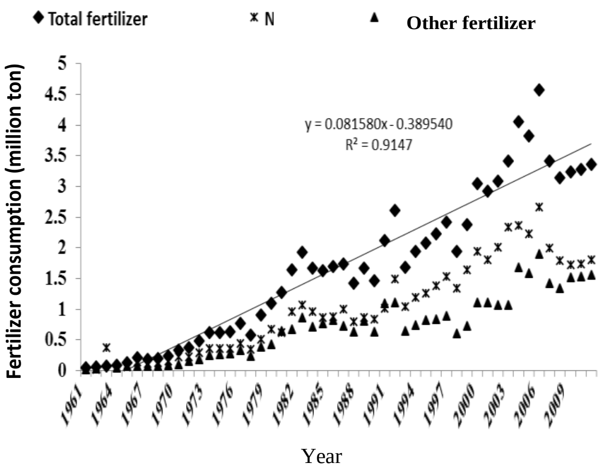
افزایش عملکرد در محصولات کشاورزی در ایران با افزایش ورود نهاده مختلف به آن همراه بوده است، یکی از این نهاده‌ها کودهای شیمیایی بوده است، از آن جمله با افزایش ۶۹ برابری کودهای غیرنیتروژنه و افزایش ۷۱ برابری کودهای نیتروژنه از سال ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ همراه بوده است (شکل ۶) و مصرف هر دو نوع کود شیمیایی (نیتروژنه و غیرنیتروژنه) از سال ۱۳۷۰ سرعت بیش‌تری پیدا کرد، در طی ۵۰ سال مجموعاً بیش از ۸۶ میلیون تن انواع کودهای شیمیایی در کشاورزی ایران مصرف شده است.

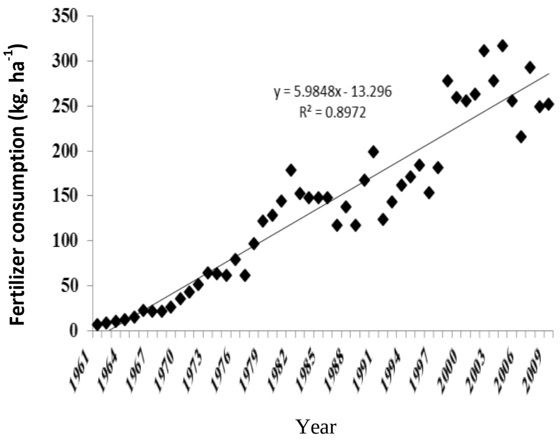
میانگین کل کود مصرفی در دوره ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ از هفت کیلو در هکتار به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است که نشان‌دهنده ۳۵ برابر شدن مصرف کود در هکتار است (شکل ۶) در همین دوران متوسط مصرف کود در هکتار در جهان و آسیا به‌ترتیب از ۲۵ به ۹۲ و از شش به ۱۰۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (Bruinsma, 2003) که نشان‌دهنده متوسط مصرف بالاتر کودهای شیمیایی نسبت میانگین جهان و آسیا می‌باشد. اگرچه آمار دقیقی از روند تغییرات میزان مصرف سموم شیمیایی در دسترس نمی‌باشد ولی میزان تقریبی مصرف آن از ۱۰۰۰ تن در سال ۱۳۴۱ به ۲۰ هزار تن در سال ۱۳۸۰ افزایش یافت، ولی با اعمال سیاست‌های ترویجی برای به‌کارگیری روش‌های غیرشیمیایی کنترل آفات و بیماری‌ها و هم‌چنین کنترل مصرف سموم شیمیایی این میزان در سال ۱۳۹۰ به‌حدود ۱۳۰۰۰ تن کاهش پیدا کرد، در بررسی‌های انجام شده توسط دالیمرو همکاران (Dallimer et al., 2009)، مکلئود و همکاران (MacLeod & Moller, 2006)، اوکیکی (Okike, 2001) و چالپک و همکاران

(Chloupek et al., 2004) به روند افزایشی مصرف کود و نهاده‌های شیمیایی در طی روند فشرده‌سازی در کشاورزی جهان اشاره شده است.

افزایش عملکرد هم‌چنین با افزایش روند مکانیزاسیون در عملیات زراعی همراه بوده است. به‌طور مثال، تعداد تراکتور از ۸۰۰ عدد در ۱۳۴۱ به ۵۶۵ هزار عدد در ۱۳۹۰ افزایش یافته است و این در حالی است که در طی این چند دهه ماشین‌آلات قوی‌تر به‌کار گرفته شده‌اند، که هر ماشین قادر به پوشش سطح بیش‌تری از اراضی می‌باشد، افزایش مکانیزاسیون به‌عنوان یکی از شاخص‌های افزایش فشرده‌سازی در بررسی‌های اوکیکی (Okike, 2001) و مکلئود و همکاران (MacLeod & Moller, 2006) معرفی شده است.

یک شاخص مهم دیگر برای ارزیابی فشرده‌سازی میزان انرژی مصرفی در مزارع و نسبت آن به انرژی خروجی می‌باشد. انرژی‌هایی که در مزرعه استفاده می‌شوند شامل دو دسته انرژی مستقیم و غیرمستقیم هستند. انرژی‌های مستقیم آن‌هایی هستند که در فعالیت‌های داخل مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرند به‌عنوان مثال سوخت و برق و انرژی‌های غیرمستقیم شامل انرژی‌هایی هستند که برای تولید و نقل‌وانتقال کودها، مواد شیمیایی کشاورزی، بذر و سایر اقلام مورد نیاز در تولید مزارع می‌باشند. میزان کل انرژی ورودی به مزرعه از ۱۹۹ هزار کیلوکالری در هکتار در سال ۱۳۵۰ به حدود ۷۲۰ هزار کیلوکالری در هکتار در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است که بر اساس برآورد ما با استفاده از رگرسیون خطی در سال ۱۳۹۰، ۸۲۰ هزار کیلوکالری در هکتار مصرف شده است، در این مدت میزان اسب بخار مصرفی مربوط به ماشین‌آلات کشاورزی از ۰/۱۹ اسب بخار در هکتار به ۰/۹۵ اسب بخار در هکتار در سال ۱۳۸۶ و برای سال ۱۳۹۰ به ۱/۲ در هکتار افزایش یافته است، هم‌چنین انرژی الکتریسیته مصرفی از ۸۳/۶ مگاژوال در سال ۱۳۵۰ به ۱۲ هزار مگاژول در سال ۱۳۹۰، انرژی مواد شیمیایی مصرفی از ۹۰۰ مگاژول به ۱۱ هزار مگاژول، انرژی سوخت‌های فسیلی از ۳۳۰۰ مگاژول به ۱۳۸۰۰ مگاژول افزایش و سهم نیروی کار از ۳۴۰ هزار کیلوکالری در سال ۱۳۵۰ به ۲۵ هزار کیلوکالری در سال ۱۳۹۰ کاهش یافته است که نشان‌دهنده افزایش مکانیزاسیون، فشرده‌سازی بیش‌تر در سیستم‌های کشاورزی ایران و نیز کاهش استفاده از انرژی پاک و تجدیدپذیر مانند انرژی کارگری است. مقایسه بین دو دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۸۰ میلادی نشان داد که فشرده‌سازی در انرژی در کشاورزی افزایش یافته است و برای کاهش اثرات آن باید کشورهای پیشرفته کارآیی مصرف انرژی خود را افزایش دهند (Schneider & Smith, 2009).





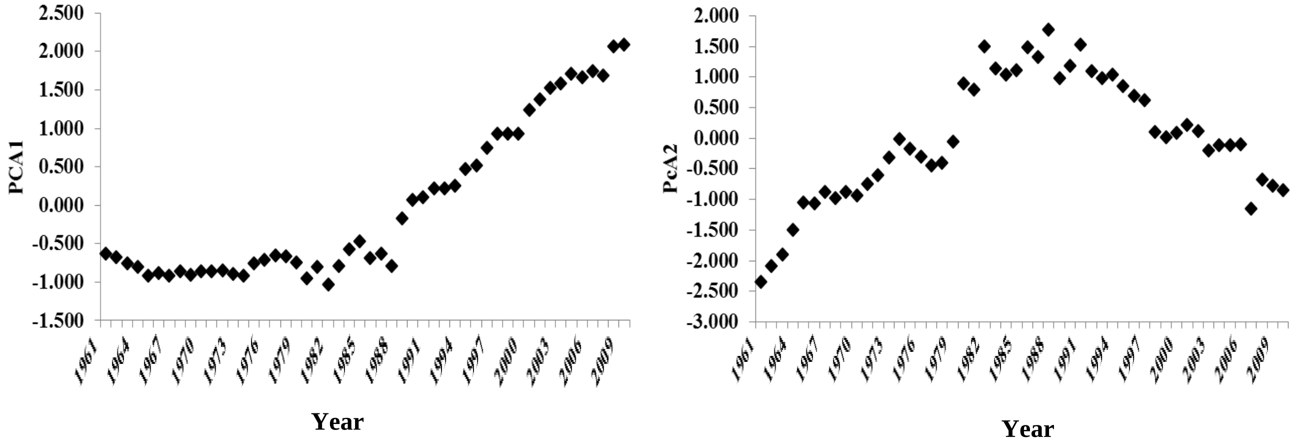
شکل٦- روند تغییرات مصرف کودهای شیمیایی (چپ) و میانگین مصرف کود در هکتار (راست)

Fig. 6- Total fertilizer consumption (left) and mean of fertilizer consumption per hectare (right)

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

تعداد ۶۳ متغیر در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد که روند تغییرات این متغیرها در دوره ۵۰ ساله ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ در دو مؤلفه قرار گرفتند (جدول ۳، با توصیف ۷۲ درصد واریانس). به‌منظور به

حداکثر رساندن واریانس همبستگی بین متغیرها در تجزیه به مؤلفه‌ها (PCA) از چرخش واریماکس استفاده شد. اولین مؤلفه همبستگی معنی‌داری با سال داشت، در حالی‌که مؤلفه دوم تا سال ۱۳۷۰ افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۷)



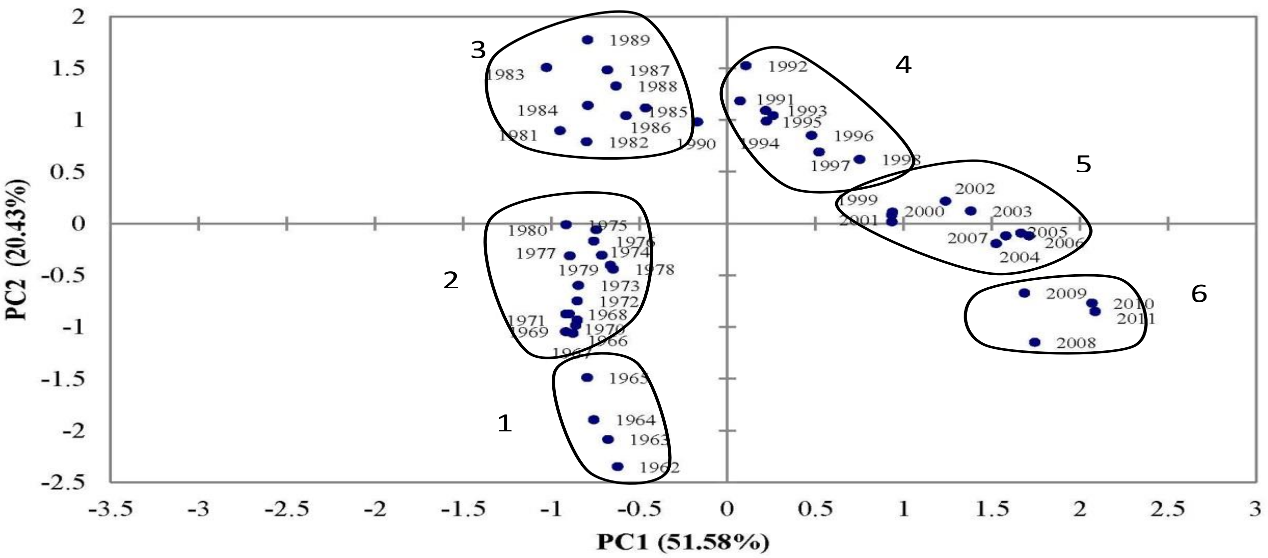
شکل ۷- تغییرات زمانی ۲ مؤلفه اصلی تغییرات کشاورزی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ٦٣ شاخص مورد بررسی
Fig. 7- Changes of two main component of pca for 63 variables

رسم دو مؤلفه اصلی در برابر هم (شکل ۸) حاکی از دو الگوی متفاوت از تغییرات در بازه زمانی ۵۰ ساله در کشاورزی ایران بودند. مقدار و همبستگی هر یک از متغیرها نشان‌دهنده میزان مشارکت آن متغیر در مؤلفه‌های به‌دست آمده است (جدول ۳).حداقل همبستگی برای ارتباط هر متغیر با مؤلفه اول و یا دوم ۰/۴ در نظر گرفته شد بر همین اساس اولین مؤلفه که در برگیرنده ۵۰/۶ درصد واریانس تغییرات بود همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های ۱) سطح کل زیر کشت و سطح زیر کشت همه محصولات زراعی به‌استثنای گندم، جو، لوبیا و ارزن ۲) تولید کل محصولات زراعی و تولید همه محصولات زراعی به‌استثنای چغندر، لوبیا و جو ۳) عملکرد کل و عملکرد همه محصولات زراعی به‌استثنای ارزن ۴) مجموع سطح زیر کشت و تولید محصولات باغی ۵) تعداد تراکتور ۶) میزان کل کود مصرفی، کود نیتروژنه مصرفی و کودهای غیرنیتروژنه مصرفی ۷) نسبت سطح اراضی کشاورزی به کل کود مصرفی و نسبت تولیدات کشاورزی به کود مصرفی ۸) ظرفیت عملکرد گیاهان زراعی و باغی ۹) جمعیت شهری و ۱۰) انرژی‌های فیزیکی، الکتریسیته، مواد شیمیایی و ماشین‌آلات کشاورزی مورد استفاده در مزرعه داشت. این بررسی نشان داد که متغیرهای مربوط به مؤلفه اول نشان‌دهنده فشرده‌سازی در کشاورزی بوده و علاوه‌براین، نشان‌دهنده گسترش اراضی و تا حدودی نشان‌دهنده مکانیزه و صنعتی شدن تولیدات کشاورزی می‌باشند. متغیرهای مؤلفه اصلی دوم در برگیرنده ۲۰/۴ درصد واریانس تغییرات کشاورزی بودند که همبستگی بالا و مثبتی با ۱) سطح زیر کشت گندم و جو ۲) راندمان تولید محصولات کشاورزی به‌ازای هر تراکتور و راندمان تولید محصولات کشاورزی به‌ازای هر تن کود مصرفی ۳) انرژهای فسیلی و نیروی کار مورد استفاده در مزرعه داشتند. بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی سال‌های مورد بررسی در شش گروه مجزا شامل دوره زمانی ۱۳۴۱–۱۳۴۴، ۱۳۴۵–۱۳۵۹، ۱۳۶۰–۱۳۶۹، ۱۳۷۰–۱۳۷۷ و ۱۳۷۸–۱۳۸۶ و ۱۳۸۷–۱۳۹۰ گرفتند. مهم‌ترین متغیرهای ورودی در دوره زمانی اول (۱۳۴۱ تا ۱۳۴۵) به مزارع (نهاده‌ها و ماشین‌آلات) با رشد سالانه ۳۹ درصد و کارآیی مصرف نهاده‌ها با رشد منفی ۱۴ درصد بودند، در دوره زمانی دوم (۱۳۴۵ تا ۱۳۵۹) متغیرهای ورودی‌ها و انرژی به‌ترتیب با ۵۸ و ۹/۹ درصد بالاترین میزان تغییرات را داشتند، در دوره زمانی سوم (۱۳۶۰ تا ۱۳۶۹) انرژی مصرفی، تولید و سطح زیر کشت به‌ترتیب با افزایش سالانه ۷/۴، ۷/۲ و ۳/۹ درصد مهم‌ترین شاخص‌های تغییرات در این دهه بودند. در مجموع در سه دوره زمانی اول یعنی از ۱۳۴۱ تا ۱۳۶۹ روند تغییرات متوسط سالانه تولید، سطح زیرکشت افزایشی بوده، ولی در سه دوره زمانی بعد یعنی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ نوسان همه متغیرها کاهش یافت، به‌طوری‌که در مورد سطح زیرکشت و تولید در دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ کاهش یافت. البته در

مورد عملکرد اگرچه میزان رشد سالانه کاهش یافته ولی منفی نشده و با رشد سالانه ۰/۱۶ درصد افزایش عملکرد ادامه پیدا کرده است. بنابراین، روند تغییرات سطح، تولید و عملکرد مؤید آن است که اولاً افزایش بیش‌تر در سطح زیر کشت کشور محتمل نمی‌باشد، ثانیاً روند افزایش تولید و عملکرد کاهش یافته و از طرفی، با توجه به محدودیت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی امکان افزایش بیش‌تر مصرف کودهای شیمیایی در هکتار نیز وجود ندارد بنابراین، یک راهکار مؤثر و قابل دسترس می‌تواند افزایش کارآیی استفاده از نهاده‌ها با ایجاد تغییرات در سیستم مدیریت و اصلاح ارقامی جدید با کارآیی بالاتر استفاده از منابع باشد.

نتیجه‌گیری

در این بررسی مشاهده شد که هم‌زمان با توسعه سطح زیرکشت، تنوع تولیدات کشاورزی در ایران در طی ۵۰ سال گذشته رو به افزایش بوده و تغییرات سطح زیر کشت و تولید رو به کاهش بوده است. هم‌زمان شاخص‌های فشرده‌سازی شامل نهاده‌های ورودی به مزرعه، مکانیزاسیون و مصرف انرژی در تولید محصولات کشاورزی نیز افزایش یافته است، به‌طوری‌که مصرف کودهای شیمیایی ۷۶ برابر شده و میزان مصرف کود در واحد سطح نیز ۳۵ برابر شده است، هم‌چنین مصرف سموم شیمیایی کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز افزایش یافته است. علاوه‌براین، استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی به‌شدت افزایش یافته، به‌طوری‌که فقط تعدا تراکتور در طی ۵۰ سال از ۸۰۰ به بیش از ۵۰۰ هزار عدد رسیده است و میزان کل انرژی ورودی به مزارع با افزایش چشمگیری همراه بوده است. از سوی دیگر از میزان انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی کار انسانی و یا دام کاسته شده است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۶۳ متغیر مورد بررسی در این مقاله نشان داد که همه متغیرهای مرتبط با فشرده‌سازی در دهه‌های گذشته افزایش یافته و مهم‌ترین متغیرهای مرتبط با فشرده‌سازی در کشاورزی ایران مصرف نهاده‌های شیمیایی و انرژی‌های فسیلی بوده است. در طی این دوران سطح زیر کشت و تولید محصولاتی با حساسیت بیش‌تر به تغییرات محیطی بیش‌تر رو به افزایش بوده است، به این مفهوم که سطح زیر کشت گیاهانی با حساسیت بالا به تغییرات محیطی مانند گندم، ذرت و سیب‌زمینی که در شرایط مساعد عملکرد بالاتری داشته، ولی در شرایط نامناسب تولیدشان کاهش می‌یابد، افزایش یافته است. لذا هم‌راستایی بین فشرده‌سازی و کاهش ثبات عملکرد وجود داشته است. بنابراین، روند تغییرات کشاورزی در کنار تغییرات اقلیمی که در حال وقوع است می‌تواند برای امنیت غذایی کشور هشداردهنده باشد.



شکل ۸- ترتیب سال‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) ۶۳ متغیر کشاورزی

Fig. 8- Oridination of years based on 63 variables

جدول ۳- میزان تغییرات سالانه ۶۳ متغیر کشاورزی و بار عاملی هر یک در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)
Table 3- Annual of change (%) for 63 variables in the principal component analysis

گروه Group	شماره No.	نام متغیر Variable	واحد اندازه‌گیری Measuring unit	نسبت تغییرات متغیرهای کشاورزی Proportion of variable changes			بار عاملی مؤلفه‌های اصلی Loading	
				1962-1989	1990-2011	1962-2011	PC1	PC2
کاربری اراضی کشاورزی Agricultural land lse	1	کل اراضی Total land	ha	0.83	0.07	1.01	0.001505	0.04560
	2	گندم Wheat	ha	0.76	0.02	0.8	-0.018982	0.076839
	3	برنج Rice	ha	0.73	0.1	0.91	0.006667	0.036102
	4	جو Barley	ha	1.41	-0.4	0.44	-0.049571	0.119545
	5	ذرت Maize	ha	0.56	18.14	34.88	0.050495	-0.065732
	6	ارزن Millet	ha	-0.56	0.42	-0.37	0.040497	-0.10203
	7	سیب زمینی Potato	ha	3.02	0.25	5.19	0.008118	0.03387
	8	چغندرقند Sugar beet	ha	1.93	-0.33	0.96	-0.0379	0.09432
	9	Bean	ha	3.2	0.09	2.78	-0.008117	0.06277
	10	نخود Chickpea	ha	1.37	1.23	3.82	0.016406	0.012629
	11	عدس Lentil	ha	1.73	0.23	1.79	0.015499	0.013596
	12	لوبیا سبز Green bean	ha	1.21	0.04	-0.33	-0.049814	0.094237
	13	گوجه فرنگی Tomato	ha	3.33	1.25	9.28	0.030758	-0.01328
	14	خربزه Melon	ha	0.78	-0.22	2.14	0.015288	0.013214
	15	درختان میوه Fruit tree	ha	1.77	0.21	2.46	0.021019	0.004786
تولیدات کشاورزی Agricultural production	16	کل تولیدات Total product	Tones	2.76	1.23	7.19	0.030841	-0.01321
	17	کل میوه Fruit product	Tones	4.1	0.67	8.37	0.027775	-0.006804
	18	گندم Wheat	Tones	1.18	0.54	3.48	0.024228	-0.000891
	19	برنج Rice	Tones	1.18	0.39	2.23	0.019418	0.010002
	20	جو Barley	Tones	2.72	-0.2	2.73	-0.005242	0.056915
	21	ذرت Maize	Tones	3.29	20.13	195.8	0.05218	-0.066621
	22	ارزن Millet	Tones	-0.15	-0.25	-0.46	-0.022254	0.03074
	23	سیب زمینی Potato	Tones	5.78	1.22	17.59	0.028085	-0.00749
	24	چغندرقند Sugar beet	Tones	2.43	0.13	2.97	-0.014153	0.0625

ادامه جدول ۳- میزان تغییرات سالانه ۶۳ متغیر کشاورزی و بار عاملی هر یک در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

Table 3 (Continue)- Annual of change (%) for 63 variables in the principal component analysis

گروه Group	شماره No.	نام متغیر Variable	واحد اندازه‌گیری Measuring unit	نسبت تغییرات متغیرهای کشاورزی Proportion of variable changes			بار عاملی مؤلفه‌های اصلی Loading	
				1962-1989	1990-2011	1962-2011	PC1	PC2
عملکرد Crop yield	26	نخود Chickpea	Tones	0.64	1.38	3.77	0.015537	0.01401
	27	عدس Lentil	Tones	0.49	0.46	1.46	0.00743	0.02703
	28	لوبیا سبز Green bean	Tones	0.81	2.13	1.98	-0.00972	0.04365
	29	گوجه فرنگی Tomato	Tones	12.18	2.48	49.59	0.04064	-0.03625
	30	خربزه Melon	Tones	2.09	0.12	8.03	0.02353	-0.00090
	31	میانگین عملکرد Mean yield	$kg.ha^{-1}$	1.06	1.08	3.07	0.03277	-0.017848
کارآیی Efficeincy	32	گندم Wheat	$kg.ha^{-1}$	0.24	0.52	1.49	0.03223	-0.017736
	33	برنج Rice	$kg.ha^{-1}$	0.26	0.27	0.69	0.02499	-0.005201
	34	جو Barley	$kg.ha^{-1}$	0.54	0.33	1.58	0.02466	-0.001452
	35	ذرت Maize	$kg.ha^{-1}$	1.74	0.1	4.47	0.028837	-0.011048
	36	ارزن Millet	$kg.ha^{-1}$	0.91	-0.47	-0.13	-0.049629	0.10196
	37	سیب زمینی Potato	$kg.ha^{-1}$	0.69	0.77	2	0.033011	-0.019346
	38	چغندرقند Sugar beet	$kg.ha^{-1}$	0.17	0.67	1.03	0.035434	-0.031423
	39	لوبیا Bean	$kg.ha^{-1}$	-0.58	0.58	0.69	0.062696	-0.103298
	40	نخود Chickpea	$kg.ha^{-1}$	-0.31	0.07	-0.01	-0.011833	-0.003068
	41	عدس Lentil	$kg.ha^{-1}$	-0.45	0.18	-0.12	-0.02174	0.008255
	42	لوبیا سبز Green bean	$kg.ha^{-1}$	-0.18	2	3.49	0.039135	-0.04964
	43	گوجه فرنگی Toamto	$kg.ha^{-1}$	2.04	0.54	3.92	0.026939	-0.005139
	44	خربزه Melon	$kg.ha^{-1}$	0.74	0.44	1.88	0.011149	0.023973
	45	تراکتور Tractors	No.	342.16	0.99	706.48	0.024129	0.001158
	46	تراکتور به سطح کشت Tractor to planting area	$No. ha^{-1}$	-0.99	0.12	-0.99	0.021928	-0.071589

ادامه جدول ۳- میزان تغییرات سالانه ۶۳ متغیر کشاورزی و بار عاملی هر یک در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)
Table 3(Continue)- Annual of change (%) for 63 variables in the principal component analysis

گروه Group	شماره No.	نام متغیر Variable	واحد اندازه‌گیری Measuring unit	نسبت تغییرات متغیرهای کشاورزی Proportion of variable changes			بار عاملی مؤلفه‌های اصلی Loading	
				1962-1989	1990-2011	1962-2011	PC1	PC2
	47	کود به سطح کشت Fertilizer to planting area	$ha.t^{-1}$	18.28	1.15	34.33	0.020443	0.006873
	48	تولید به کود Production to fertilizer	$kg.t^{-1}$	-0.89	-0.03	-0.88	0.023011	-0.081489
ورودی‌ها Inputs	49	کل کود Total fertilizer	tonnes	34.3	1.31	70.17	0.02415	0.000008
	50	نیتروژن N	tonnes	33.59	1.16	71.57	0.025562	-0.003392
	51	غیرنیتروژنه Non- N	tonnes	35.09	1.5	68.62	0.021213	0.004749
	52	عملکرد میوه Fruit yield	$t.ha^{-1}$	0.84	0.38	1.7	0.01888	0.011507
	53	ظرفیت عملکرد محصولات زراعی Crop yield capacity	نسبت Proportion	0.54	0.64	2.15	0.032936	-0.018346
	54	ظرفیت تولید محصولات باغی Fruit yield capacity	نسبت Proportion	0.88	0.31	1.65	0.016707	0.01592
انرژی Energy	55	انرژی فیزیکی Physical energy	MJ	2.3	0.23	3.21	0.00825	0.033105
	56	انرژی نفتی Oil energy	MJ	3.07	-0.04	3.03	-0.010723	0.068006
	57	انرژی الکتریکی Electricity energy	Mk	11.97	4.01	61.08	0.047285	-0.053227
	58	انرژی کارگری Worker energy	kcal	-0.43	0.34	-0.27	0.015637	-0.078149
	59	انرژی شیمیایی Chemical energy	MJ	8.72	0.43	9.91	0.008862	0.031399
	60	انرژی مکانیزاسیون Mechanization energy	HP	8.72	0.34	11.42	0.010923	0.02771
	61	انرژی بذر Seed energy	MJ	-0.16	0.04	-0.07	-0.000386	-0.03336
اجتماعی Social	62	جمعیت روستایی Rural population	تعداد No.	0.62	-0.05	0.55	-0.010393	0.069541
	63	جمعیت شهری Urban population	تعداد No.	2.78	0.64	5.43	0.02595	-0.00219

References

Abdi, H., 2003. Factor rotations in factor analyses. Encyclopedia for Research Methods for the Social Sciences. Sage: Thousand Oaks, CA, pp. 792-795

Akhondi, A., 2013. Jihad mirror reflects the ideas of the left at the beginning of the revolution. Bussines for future Weekly Magazine 44: 11-16. (In Persian with English Summary)

Amjadi, A., and Chizari, A., 2006. Mechanization of agriculture in Iran. Journal of Agricultural Economics and Development 14: 155-182. (In Persian with English Summary)

Agricultural Support Services (ASS)., 2014. Trend of Fertilizer Consumption. Availabe at Web site http://www.assc.ir/aboutus-pishineh-fa.html (accessed 1 January 2015). (In Persian)

Beddow, J.M., Pardey, P.G., Koo, J., and Wood, S., 2010. The changing landscape of global agriculture In: The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide Alston, J.M., Babcock, B.A., and Pardey, P.G. (Eds). Iowa State Univ., Ames, pp. 7-38.

Bélanger, L., and Grenier, M., 2002. Agriculture intensification and forest fragmentation in the St. Lawrence valley, Québec, Canada. Landscape Ecology 17: 495-507.

Bhandari, P., 2004. Relative deprivation and migration in an agricultural setting of Nepal. Population and Environment 25: 475-499.

Borlaug, N., 2007. Feeding a Hungry World. Science 318: 359.

Boserup, E., 1966. The conditions of agricultural growth; the economics of agrarian change under population pressure. Aldine Pub. Co., Chicago.

Bruinsma, J., 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030: FAO, Rome.

Centeral Bank of Iran (CBI)., 1980. Until further notice orders for fertilizer does not need to obtain prior consen. pp. 15-15.Available at http://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/327917. (In Persian)

Chand, R., and Raju, S., 2009. Instability in Indian agriculture during different phases of technology and policy. Indian Journal of Agricultural Economics 64: 180-187.

Chloupek, O., Hrstkova, P., and Schweigert, P., 2004. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. Field Crops Research 85: 167-190.

Culman, S., Young-Mathews, A., Hollander, A., Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., O'Geen, A., and Jackson, L., 2010. Biodiversity is associated with indicators of soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification. Landscape Ecology 25: 1333-1348.

Dahal, B.M., Nyborg, I., Sitaula, B.K., and Bajracharya, R.M., 2009. Agricultural intensification: food insecurity to income security in a mid-hill watershed of Nepal. International Journal of Agricultural Sustainability 7: 249-260.

Dallimer, M., Tinch, D., Acs, S., Hanley, N., Southall, H.R., Gaston, K.J.and Armsworth, P.R., 2009. 100 years of change: examining agricultural trends, habitat change and stakeholder perceptions through the 20th century. Journal of Applied Ecology 46: 334-343.

Effat, F., Noori, H., and Masoudian, A., 2014. Impact of water resources reduce on agriculture in Valanjan Seasonal Journal of Spatial Planing 4: 87-102.

Ehsani, K., 2006. Rural community development in Iran after the Revolution: The first decade. Journal of Social and Cultural Dialogue 46: 1-14.

Farhadi, M., 2001. Is Iranian agriculture primitive. Journal of Agricultural Economics and Development 1: 222-256. (In Persian with English Summary)

Fuglie, K.O., 2010. Total factor productivity in the global agricultural economy: Evidence from FAO data. In: The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide alston, J.M., Babcock, B.A., and Pardey, P. G. (Eds). Iowa State Univ., Ames, pp. 63-95.

Gollin, D., 2006. Impacts of International Research on Intertemporal Yield Stability in Wheat and Maize: An Economic Assessment. CIMMYT: International Maize and Wheat Improvement Center

Hoghoghi, M., 2013. Agricultural status before and after Islamic Revolotion. In: Yosefi, M. (Ed.). The great center of Islamic encyclopedia, p. 7.Availabel at http://cgie.org.ir/fa/news/7416. (In Persian)

Hüttl, R.F., and Frielinghaus, M., 1994. Soil fertility problems an agriculture and forestry perspective. Science of the Total Environment 143: 63-74.

José-María, L., Armengot, L., Blanco-Moreno, J.M., Bassa, M., and Sans, F.X., 2010. Effects of agricultural intensification on plant diversity in mediterranean dryland cereal fields. Journal of Applied Ecology 47: 832-840.

Koocheki, A., 1996. Agriculture and sustainable development. Agricultural Economic and Developmen, 89-112. (In Persian with English Summary)

Krautkraemer, J.A., 1994. Population growth, soil fertility, and agricultural intensification. Journal of Development Economics 44: 403-428.

MacLeod, C.J., and Moller, H., 2006. Intensification and diversification of New Zealand agriculture since 1960: An evaluation of current indicators of land use change. Agriculture, Ecosystems and Environment 115: 201-218.

Mehrabi, H.and Esmaeili, A., 2011. Analysing energy input and output in Iran agriculture. Journal of Agricultural and Resource Economics 1: 1-28.

Ministry of Jihad of Agriculture (MJA)., 2006. Yearly Book of Agricultural Statistic. (In Persian)

Naseri, M., 1999. A report about agricultural sector. Journal of New Issue in Economic 9-11. (In Persian)

Okazaki, S., 1985. Agricultural mechanization in Iran. Agriculture development in Midle East. John Wiley and Sons, pp. 171-187.

Okike, I.J., Jabbar, M.A., Manyong, V.M., Smith, J.W.; Akinwumi, J.A.; Ehui, S.K., 2001. Agricultural Intensification and Efficiency in the West African Savannahs: Evidence from northern Nigeria. Publisher: ILRI (aka ILCA and ILRAD).

President Deputy Strategic Plannig and Control (PDSPC)., 2008. Trend of chemical fertilizers consumption in Iran agriculture. Availabe at Web site http://files.spac.ir/%D9%87%D9%81%D8%AA%D9%87%
20%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87%20%D8%A8%D8%B1%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87/Barnameh%20gozashteh/298/p4.htm (Accessed 2015-04-01 Access). (In Persian)

Pender, J.L., 1998. Population growth, agricultural intensification, induced innovation and natural resource sustainability: An application of neoclassical growth theory. Agricultural Economics 19: 99-112.

Rudel, T.K., Schneider, L., Uriarte, M., Turner, B.L., DeFries, R., Lawrence, D., Geoghegan, J., Hecht, S., Ickowitz, A., Lambin, E.F., Birkenholtz, T., Baptista, S., and Grau, R., 2009. Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970–2005. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 20675-20680.

Schneider, U., and Smith, P., 2009. Energy intensities and greenhouse gas emission mitigation in global agriculture. Energy Efficiency 2: 195-206.

Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., Snoo, G.R.D.and Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63: 337-365.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671-677.

Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., and Whitbread, A., 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. Biological Conservation 151: 53-59.

Turner, B.L., and Doolittle, W.E., 1978. The concept and measure of agricultural intensity. The Professional Geographer 30: 297-301.

Unknown, 1987. Dark and bright prospects for the future of Iran forests and pastures. Journal of Political Information and Economic 1: 60-63. (In Persian with English Summary)

Van Der Velde, M., Green, S.R., Vanclooster, M., and Clothier, B.E., 2007. Sustainable development in small island developing states: Agricultural intensification, economic development, and freshwater resources management on the coral atoll of Tongatapu. Ecological Economics 61: 456-468.

Velayati, S., and Kadivar, A., 2006. Environmental challenges in Iran forest and pasture. Journal of Geography and Regional Development 7: 53-72. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1183-1203

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۲۰۳-۱۱۸۳

Long Term Evaluation of Intensification in Iran Agriculture and Its Impact on Production Stability (50 years from 1962 to 2011)

M.R. Kiani[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and A. Zareh Feiz Abadi[3]
Submitted: 20-4-2015
Accepted: 24-08-2015

Kiani, M.R., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Zareh Feiz Abadi, A. 2020. Long term evaluation of intensification in Iran agriculture and its impact on production stability (50 years from 1962 to 2011). Journal of Agroecology. 11 (4):1183-1203.

Introduction
In the next 20 years, food production for the growing population is one of the most important issues. As increasing planting area is limited, improving productivity and yield is the only solution which could be reached through crop breeding and improving pest, disease and weeds control methods and increasing use efficeincy of fertilizers and water. Most of the time, increasing production in agricltulre is alongside with more intensification in agriculture. There is now specific definition for this term but in a general definition it means increasing the number of crops planted in unit of area (one hectare) through a year, as well as increasing using of inputs including fertilizers, chemicals and machinery in unit of area. Macleod and Moller (2006) evaluated the trend of intensification in Newzland agriculture by examining changes in 35 agricultural variables (e.g planting area, yield, inputs in unit of area and population related to agricultural production). Their results showed that intesnification is increased through 40 years (1961-200) which can threat sustainability of Newzeland farming in future.
Agriculture intensification in Iran started since 1921 by using agricultural machinery and chemical fertilizers and increased rapidly after approval of land reform law in 1961s. Increasing the application of inputs in Iran agriculture has resulted to decrease sustainability of agricltural production and aslo destruction of forest and rangelands. Therefore, in this research time trend of intensification of cropping systems of Iran is studied using different indicators.

Materials and Methods
In order to evaluate the status and the trend of agriculture intensification in Iran, 63 variables in 5 groups including land use (cultivated area of each crop), production of each crop, yield, inputs (fertilizers, machinery and energy) and urban and ural population are examained for a 50-year period (1962 to 2011). Poduction stability was evaluated by calculating coeficeint of variance (CV) of planting area, production and yield in main agricullltural crops and fruits seperatly in each decades. For evaluating the sensivity of crops and fruit production to environmental changes the ratio of yield in a individual year to overal mean of yield for each ten years calculated for each crop seperately and for all crops as a yield capacity. The slope of the regression between yield capacity of each crop to yield capacity of all crops is an index for sensivity to environmental changes. All analysis and drwaing graphs were conducted using Xlstat 2014 and Excel 2103.

Results
Results showed that land use changes, increasing use of inputs and population growth are the main factors affecting intensification in Iran agriculture. From 1961 to 2011 the planting area has extended 2 times related to 6.6 million hectare at the beginning of this period and the agricultural productions increased to 94 million tons which was 7 times higher related to 13.3 million tons in 1961. During this period the main driving factor before 1980 is approving land reform law and increasing use of inputs which resulted to increase cultivated area and productions. In the following years increasing the application of fertilizers, agricultural machinery and new varieties were the main factors affecting agricultural productions and intensifciation. Our research showed that through the evaluation period, variance of cultivated area and production decreased but the variance of yield increased and hence yield stability decreased.

1- Assistant Proffessor at Seed and Plant Improvement Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan-e Razavi, Agricultural- Research-Education and Extension Organization (AREEO), Former Ph.D. student, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2 and 3- Proffessor, Faculty of Agriculture, Mashhad, Scientific Staff., Proffessor, Agricultural- Research-Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.45939

Principal component analysis (PCA) classified 63 variables in two main compontents which first one described 51 percent of total variation including land use, production, yield trend and also uses of inputs. The second component described 20 percent of variation including input use efficiency and use of maschinery.
Based on the changes in agicultural variables, PCA divided years into to 6 periods including 1962-1965, 1966-1980, 1981-1990, 1991-1998, 1999-2007and 2008-2011. During the first 3 periods agricultural area, production and yield were increased but during the next 3 periods the rate of increasing decreased. However, our research showed that Iran agriculture has been going through intensification in the last 50 years and approaching to food security is most likely possible through increasing efficient use of inputs by improving varieties and managmement of agricultural systems.

Keywords: Agriculture, Intensification, Iran, Stability, Yield capacity